

PENENTUAN UMUR SIMPAN PRODUK OLAHAN DENGAN PENAMBAHAN PARTIKEL NANO TiO_2 PADA KEMASAN JERIGEN

Siti Naimah, Rahyani Ermawati, Wiwik Pudjiastuti dan Agustina Arianita C.

Balai Besar Kimia dan Kemasan (BBKK) - Kemenperin RI
Jl. Balai Kimia No. 1, Pekayon Pasar Rebo, Jakarta 130069
e-mail: ermakfoto@yahoo.com

Diterima: 11 Nopember 2012

Diperbaiki: 30 Mei 2013

Disetujui: 11 Juni 2013

ABSTRAK

PENENTUAN UMUR SIMPAN PRODUK OLAHAN DENGAN PENAMBAHAN PARTIKEL NANO TiO_2 PADA KEMASAN JERIGEN. Pengolahan pangan pada industri makanan komersial antara lain bertujuan untuk memperpanjang umur simpan produk. Informasi umur simpan dibutuhkan sebelum produk diluncurkan di pasaran untuk memberi jaminan kepada konsumen. Pengolahan untuk memperpanjang umur simpan produk pangan diperlukan untuk mengantisipasi faktor-faktor yang dapat menimbulkan kerusakan mutu. Penentuan umur simpan juga perlu mempertimbangkan faktor teknis dan ekonomis berkaitan dengan upaya distribusi produk. Kemasan sebagai wadah untuk penyimpanan harus memenuhi beberapa persyaratan, yaitu dapat mempertahankan mutu produk supaya tetap bersih dan mampu memberikan perlindungan terhadap produk dari kotoran, pencemaran dan kerusakan fisik, serta dapat menahan perpindahan gas dan uap air. Penelitian ini bertujuan untuk memperpanjang umur simpan produk saus sambal dengan menggunakan kemasan yang ditambahkan partikel nano TiO_2 dalam bentuk *layer* pada bagian dalam kemasan jerigen. Konsentrasi TiO_2 yang digunakan adalah 0 %, 0,05 %, 0,1 % dan 0,15 %. Setelah penyimpanan selama satu tahun, dilakukan pengamatan pada karakteristik kenampakan fisik produk dan uji mikroba. Hasil percobaan menunjukkan saus sambal tanpa pengawet yang disimpan dalam kemasan jerigen yang ditambahkan partikel nano TiO_2 tidak mengalami perubahan fisik dan tidak ditemukan adanya mikroorganisme sehingga aman untuk dikonsumsi.

Kata kunci: Partikel nano TiO_2 , Jerigen, Produk olahan, Umur simpan

ABSTRACT

DETERMINATION OF SHELF LIFE PRODUCTS WITH TiO_2 NANO PARTICLES ADDITION INTO PACKAGING. Commercial food processing aimed to extend shelf life of product. Shelf life product information is required before product launched in the market to guarantee the consumers. Processing to extend shelf life of food products needed to anticipate the factors that can lead to quality defects. Broaden knowledge about shelf life of food product is reviewed in which includes regulation, shelf life criteria, shelf life prediction principles, shelf life analysis, packaging criteria, and extending food shelf life. Packaging used as a container for storage must meet several requirements, i.e. can maintain the quality of products in order to keep it clean and be able to provide protection to the product from dirty, pollution and physical damage, and can withstand the shift gas and water vapor. This study aims to extend the shelf life of the chili sauce product by using packaging that is added by TiO_2 nano particles layer on the inner packaging jerry can. The concentration of TiO_2 nano particles used were 0 %, 0.05 %, 0.1 %, and 0.15 %. After one year keeping, performance of chili sauce was observed from the physical appearance condition of the product and microbial testing. Experimental results showed that chili sauce without preservative agent, keep within jerry can added by TiO_2 nano particles layer, its physical appearance characteristics did not change and did not expose any microorganisms. It means the product are safe for consumption.

Keywords: TiO_2 Nano particles, Jerry can, Processed products, Shelf life

PENDAHULUAN

Pengolahan pangan pada industri makanan komersial umumnya bertujuan memperpanjang umur

simpan, mempermudah penanganan, dan distribusi. Penggunaan bahan pengawet sangat luas, hampir

seluruh industri menggunakannya seperti industri kosmetik, farmasi, maupun produk olahan. Bahan pengawet makanan termasuk dalam bahan tambahan pangan yang bersifat inert secara farmakologik (efektif dalam jumlah kecil dan tidak toksik) [2]. Bahan pengawet adalah bahan kimia yang ditambahkan ke dalam suatu produk yang bertujuan untuk memperpanjang umur simpan. Bahan pengawet diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu bahan pengawet alami dan bahan pengawet buatan. Bahan pengawet alami adalah substansi kimia yang diperoleh dari sumber alam atau natural yang memberi kemampuan intrinsik untuk melindungi produk melawan pertumbuhan mikroba. Yang termasuk pengawet alami antara lain komponen minyak esensial, flavonoid dan senyawa phenolik. Pengawet buatan adalah substansi sintetik kimia yang mencegah kerusakan dan kontaminasi produk akhir oleh mikroorganisme. Termasuk pengawet buatan, seperti nitrat, sulfat, sodium benzoat, propil galat dan potasium sorbet [2].

Bahan pengawet baik dari alam maupun buatan bekerja dengan tiga cara yang berbeda, yaitu sebagai antimikroba, antioksidan dan bekerja dalam enzim. Sebagai antimikroba, bahan pengawet menghambat pertumbuhan mikroba seperti bakteri dan jamur. Sebagai antioksidan, bahan pengawet menunda atau menghentikan proses oksidasi. Sedangkan yang bekerja dalam enzim, akan menghentikan proses *aging* dari produk makanan [3]. Di Indonesia, peraturan mengenai penentuan umur simpan bahan pangan terdapat dalam UU pangan No 7 tahun 1996 dan PP 69 tahun 1999 dan terdapat tujuh jenis produk pangan yang tidak wajib mencantumkan tanggal, bulan dan tahun kadaluwarsa, yaitu buah dan sayuran segar, minuman yang mengandung alkohol lebih besar atau sama dengan 10%, makanan yang diproduksi untuk saat itu juga dan cuka [4].

Salah satu industri produk olahan adalah industri saus cabai. Saus cabai terbuat dari cabai, tomat, bawang merah, bawang putih dan bahan tambahan lainnya. Saus cabai merupakan salah satu produk olahan yang mempunyai umur simpan yang pendek. Oleh karena itu ditambahkan zat pengawet untuk memperpanjang umur simpannya. Zat pengawet yang digunakan adalah asam benzoat. Namun, karena zat pengawet merupakan bahan karsinogen yang sangat berbahaya bagi tubuh manusia, maka industri berusaha untuk menghilangkan zat pengawet yang selama ini digunakan dan berusaha untuk mendapatkan bahan pengemas yang bisa menyimpan produk dalam jangka waktu yang lama. Penambahan partikel nano TiO_2 ke dalam resin plastik sebagai pengemas merupakan salah satu solusi.

Partikel nano titanium dioksida (TiO_2) merupakan salah satu nanomaterial yang dapat berfungsi sebagai bahan antimikroba [5]. TiO_2 dapat menghambat pertumbuhan mikroba seperti bakteri, virus dan jamur [6]. Sel mikroba yang terkena partikel partikel nano TiO_2 akan mengalami kerusakan dan mati, membran sel

akan larut dan tersebar. Ketika partikel partikel nano TiO_2 menyentuh mikroba, partikel partikel nano TiO_2 akan menempel pada permukaan dinding sel, merusak membran sel, dan menyebabkan pembusukan sel membran [7]. OH radikal yang dihasilkan selama penyinaran terhadap partikel nano TiO_2 mempunyai kemampuan seribu atau sepuluh ribu kali lebih efektif dalam menginaktivasi mikroba dibandingkan desinfektan pada umumnya, misalnya *chlorine*, *ozone* dan *chlorine dioxide* [8].

Kemasan yang dapat digunakan sebagai wadah penyimpanan harus memenuhi beberapa persyaratan, yaitu dapat mempertahankan mutu produk supaya tetap bersih serta mampu memberi perlindungan terhadap produk dari kotoran, pencemaran, dan kerusakan fisik serta dapat menahan perpindahan gas dan uap air [9]. Jenis permeabilitas film bergantung pada bahan yang digunakan, permeabilitas film *PolyEthylene (PE)* lebih kecil daripada *PolyPropylene (PP)*. Hal ini menunjukkan bahwa gas atau uap air akan lebih mudah masuk pada bahan pengemas jenis *PP* daripada *PE*. Ikatan silang sangat ditentukan oleh kombinasi bahan yang digunakan. Konstanta *PE* pada *Biaxially Oriented PolyPropylene (BOPP)* lebih baik daripada konstanta *PE* pada *PP*. Peningkatan suhu juga mempengaruhi pemuatan gas yang menyebabkan terjadinya perbedaan konstanta permeabilitas. Keberadaan air akan menimbulkan peregangan pada pori-pori film sehingga meningkatkan permeabilitas. Polimer film dalam bentuk kristal atau *amorphous* juga menentukan permeabilitas. Permeabilitas *Low Density PolyEthylene (LDPE)* mencapai tiga kali permeabilitas *High Density PolyEthylene (HDPE)*.

Aplikasi partikel nano TiO_2 pada kemasan plastik khususnya *PE* mudah diterapkan pada industri-industri kemasan plastik, terutama untuk mengemas produk olahan yang mempunyai umur simpan yang pendek. Berdasarkan penelitian sebelumnya, diperoleh hasil bahwa penambahan partikel nano TiO_2 pada jerigen plastik *PE* tidak terlalu berpengaruh terhadap sifat fisik jerigen plastik, antara lain ketebalan, *tensile strength*, elongasi, modulus elastisitas dan nilai *izod impact strength*. Hasil penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa uji logam berat termigrasi, fraksi ekstrak n-heksana, dan fraksi terlarut *xylene* dari kemasan yang dihasilkan memenuhi persyaratan untuk kemasan makanan, sesuai dengan Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor HK. 03.1.23.07.11.6664 tahun 2011 tentang Pengawasan Kemasan Pangan [10].

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan umur simpan produk olahan pada suhu ruang (27°C) yang disimpan di dalam jerigen yang telah ditambah partikel nano TiO_2 dengan menggunakan metode *layer* pada bagian dalamnya. Produk olahan yang dipakai adalah produk yang dijual di pasaran tetapi pada waktu pembuatannya tanpa penambahan bahan pengawet.

METODE PERCOBAAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan antara lain TiO_2 Degussa P25, *Tetra Ethyl Ortho Silicate* (TEOS), resin plastik polietilen (PE), dan saus sambal komersial. Sedangkan peralatan yang digunakan adalah alat pembuat/proses kemasan, *furnace Yamato type FP-32-2*, *Ultrasonic Chrom Processor UP-800 E-Chrom Tech Co.*, *hot plate stirrer*, *balance*, dan alat pengujian mikroorganisme.

Cara Kerja

Penambahan Partikel Nano TiO_2 -Jerigen PE

Sebelum ditambahkan ke dalam resin PE, dilakukan preparasi awal terhadap TiO_2 dengan menggunakan metode *sol-gel*. Preparasi awal TiO_2 dilakukan terlebih dahulu untuk meningkatkan kemampuan TiO_2 yang akan digunakan pada kemasan. TiO_2 dilarutkan dalam 100 mL air demin, kemudian diultrasonikasi selama 30 menit. Setelah itu beberapa tetes larutan TEOS ditambahkan sebagai sumber SiO_2 yang berfungsi sebagai pelindung TiO_2 supaya tidak terjadi aglomerasi dan dilakukan ultrasonikasi kembali selama 30 menit. Sol kemudian dipanaskan pada suhu 90 °C di atas *hot plate stirrer* sampai berbentuk pasta dan dikalsinasi pada suhu 300 °C selama 2 jam, terakhir dilakukan penggerusan sampai berbentuk serbuk.

Jerigen PE dibuat dua lapis, partikel nano TiO_2 ditambahkan pada lapisan bagian dalam. Lapisan tersebut kurang lebih 30 % berat dari total bahan untuk membuat satu jerigen. Konsentrasi TiO_2 yang digunakan adalah 0 %; 0,05 %; 0,1 % dan 0,15 %. Jerigen PE yang sudah ditambah partikel nano TiO_2 kemudian diisi dengan produk olahan berupa saus sambal komersial yang ada di pasaran. Jerigen dibuat di salah satu industri kemasan yang terletak Serang, Banten. Untuk satu variabel, jerigen yang dibuat berjumlah 56 buah dengan kapasitas 20 L.



Gambar 1. Kondisi penyimpanan jerigen berisi saus sambal pada suhu ruang

Pengujian Umur Simpan Produk

Saus sambal yang diisikan ke dalam jerigen yang telah ditambahkan partikel nano TiO_2 tidak menggunakan bahan pengawet. Jerigen yang berisi saus sambal tersebut kemudian disimpan pada suhu ruang dan berjumlah 56 buah jerigen (untuk masing-masing variabel) sesuai dengan jumlah yang diperlukan untuk pengujian umur simpan (Gambar 1). Untuk mengetahui ketahanan produk setelah disimpan menggunakan kemasan yang telah ditambahkan partikel nano TiO_2 , dilakukan uji umur simpan dengan melihat pertumbuhan mikroba yaitu *ALT*, *coliform*, *E.coli*, kapang dan khamir. Uji umur simpan dilakukan setiap dua minggu, sampai produk berumur satu tahun. Kemudian dilakukan uji produk sesuai dengan standar SNI 01-2976-2006 [11] dan SNI 01-0222-1995 [12].

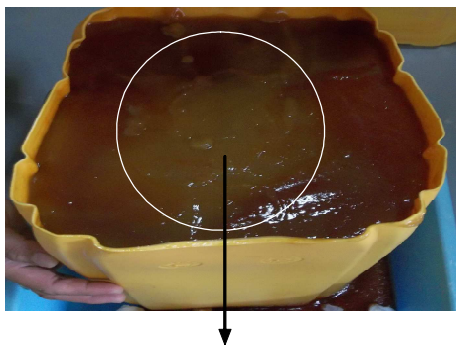
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Produk Olahan

Produk saus sambal yang dipakai pada penelitian ini dianalisis sesuai dengan SNI 01 2976-2006. Produk ini tidak menggunakan bahan pewarna dan pemanis buatan. Pengawet buatan yang terdeteksi sebesar 0,17 mg/kg, berasal dari *raw material* yaitu tomat yang didatangkan dari negeri China yang berbentuk pasta (Tabel 1), sedangkan menurut

Tabel 1. Hasil analisis saus sambal

Parameter uji	Satuan	Hasil uji hari ke-0	Hasil uji setelah 12 bulan		Syarat mutu saus cabe
			Tanpa TiO ₂	Dengan TiO ₂	
Keadaan					
1. Bau		Normal	Normal	Normal	Normal (SNI 01-2976-2006)
2. Rasa		Normal	Normal	Normal	Normal (SNI 01-2976-2006)
Jumlah padatan terlarut	% b/b	95,53	94,91	94,95	Min 20 (SNI 01-2976-2006)
Mikroskopis		Cabe positif	Cabe positif	Cabe positif	Cabe positif (SNI 01-2976-2006)
Bahan tambahan pangan					
1. Pewarna		Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Sesuai SNI 01-0222-1995
2. Pengawet (sbg natrium benzoate)	mg/kg	< 0.1796	< 0.1796	< 0.1796	1000 mg/kg (SNI 01-0222-1995)
Pemanis buatan					
1. Sakarin		Negatif	Negatif	Negatif	Negatif (SNI 01-0222-1995)
2. Siklalat		Negatif	Negatif	Negatif	Negatif (SNI 01-0222-1995)



Saus sambal sudah mulai berubah warna atau memudar

Gambar 2. Kenampakan fisik terhadap warna saus sambal yang disimpan dalam jerigen tanpa penambahan nano partikel TiO_2 warna saus sambal terlihat sudah berubah warna atau memudar.

persyaratan SNI batas pemakaian pengawet buatan adalah 1000 mg/kg.

Dari pengujian *organoleptic* menunjukkan bahwa selama satu tahun terjadi sedikit perubahan pada bau, rasa, dan warna dari produk saus sambal yang telah disimpan menggunakan jerigen yang telah ditambahkan partikel nano TiO_2 . Sedangkan produk saus sambal yang disimpan menggunakan jerigen tanpa ditambahkan partikel nano TiO_2 , produk kelihatan tidak segar lagi dan sudah berubah warna menjadi agak memudar (Gambar 2). Dari hasil pengujian, juga tidak ditemukan adanya pewarna, pemanis buatan, dan penambahan bahan pengawet pada saus sambal baik sebelum maupun sesudah disimpan selama satu tahun (Tabel 1).

Umur Simpan

Dari hasil analisis umur simpan produk saus sambal pada Tabel 2 (tanpa penambahan partikel nano TiO_2), Tabel 3 (dengan penambahan partikel nano TiO_2 0,05%), Tabel 4 (dengan penambahan partikel nano TiO_2 0,10%) dan Tabel 5 (penambahan partikel nano TiO_2 0,15%) pada hari ke-0 menunjukkan nilai ALT < 10 koloni/g, *coliform* < 3 APM/g, *E.coli* tidak terdeteksi, kapang < 10 koloni/g, dan khamir < 10 koloni/g. Sampai dengan pengujian selama satu tahun, saus sambal tanpa pengawet yang disimpan dalam jerigen plastik dengan penambahan partikel nano TiO_2 , nilai semua parameter uji masih dibawah baku mutu standar sesuai dengan SNI 01-2976-2006 (Tabel 6). Hal ini menunjukkan bahwa produk saus sambal masih aman untuk dikonsumsi sampai dengan umur simpan satu tahun.

Dari Tabel 3, hasil analisis umur simpan saus sambal yang disimpan dalam jerigen tanpa penambahan partikel nano TiO_2 terlihat bahwa pada minggu ke-20 dan selanjutnya terdapat pertumbuhan koloni ALT dan pada minggu ke-43 terdeteksi adanya kapang jenis *Aspergillus fumigatus*. *Aspergillus fumigatus* ini merupakan salah satu jenis kapang yang ditemukan di udara yang mudah mengkontaminasi pada saat proses.

Pada Gambar 3 terlihat bahwa setelah umur simpan 20 minggu, saus sambal tanpa menggunakan bahan pengawet yang disimpan dalam jerigen tanpa penambahan partikel nano TiO_2 terlihat adanya koloni, sedangkan saus sambal yang tanpa menggunakan bahan pengawet yang disimpan dalam jerigen yang ditambahkan partikel

Tabel 2. Hasil analisis umur simpan saus sambal yang disimpan dalam jerigen tanpa penambahan partikel nano TiO_2

No	Parameter	Minggu ke-													
		ke-0	Ke-2	Ke-4	Ke-6	Ke-10	Ke-12	Ke-16	Ke-20	Ke-24	Ke-28	Ke-34	Ke-38	Ke-43	Ke-48
1.	ALT (kol/g)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	20	20	25	25	26	27	27
2.	Coliform (APM/g)	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
3.	<i>E.coli</i> (CFU/g)	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg
4.	Kapang (kol/g)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	40	42
5.	Khamir (kol/g)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

Tabel 3. Hasil analisis umur simpan saus sambal yang disimpan dalam jerigen dengan penambahan partikel nano TiO_2 0,05%

No	Parameter	Minggu ke-													
		ke-0	Ke-2	Ke-4	Ke-6	Ke-10	Ke-12	Ke-16	Ke-20	Ke-24	Ke-28	Ke-34	Ke-38	Ke-43	Ke-48
1.	ALT (kol/g)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
2.	Coliform (APM/g)	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
3.	<i>E.coli</i> (CFU/g)	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg
4.	Kapang (kol/g)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
5.	Khamir (kol/g)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

Tabel 4. Hasil analisis umur simpan saus sambal yang disimpan dalam jerigen dengan penambahan partikel nano TiO₂ 0,10%

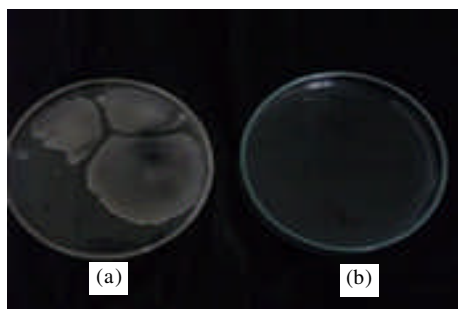
No	Parameter	Minggu ke-													
		ke-0	Ke-2	Ke-4	Ke-6	Ke-10	Ke-12	Ke-16	Ke-20	Ke-24	Ke-28	Ke-34	Ke-38	Ke-43	Ke-48
1.	ALT (kol/g)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
2.	Coliform (APM/g)	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
3.	E.coli (CFU/g)	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg
4.	Kapang (kol/g)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
5.	Khamir (kol/g)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

Tabel 5. Hasil analisis umur simpan saus sambal yang disimpan dalam jerigen dengan penambahan partikel nano TiO₂ 0,15%.

No	Parameter	Minggu ke-													
		ke-0	Ke-2	Ke-4	Ke-6	Ke-10	Ke-12	Ke-16	Ke-20	Ke-24	Ke-28	Ke-34	Ke-38	Ke-43	Ke-48
1.	ALT (kol/g)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
2.	Coliform (APM/g)	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
3.	E.coli (CFU/g)	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg
4.	Kapang (kol/g)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
5.	Khamir (kol/g)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

Tabel 6. Persyaratan mutu cemaran mikroba saus sambal sesuai dengan SNI 01-2976-2006 tentang saus cabe.

No	Kriteria uji cemaran mikroba	Satuan	Persyaratan
1	Angka lempeng total (ALT)	Koloni/g	Maks 1x10 ⁴
2	Bakteri koliform	APM/g	<3
3	Kapang	Koloni/g	Maks 50



Gambar 3. Mikroorganisme yang tampak pada umur simpan 20 minggu, (a). Saus sambal tanpa bahan pengawet yang disimpan dalam jerigen tanpa penambahan partikel nano TiO₂ dan (b). Saus sambal tanpa pengawet disimpan dalam jerigen dengan penambahan partikel nano TiO₂.

nano TiO₂ tidak tampak adanya koloni sampai umur simpan satu tahun. Pada saus sambal tanpa menggunakan bahan pengawet yang disimpan dalam jerigen tanpa penambahan partikel nano TiO₂ terlihat pula bahwa warna saus sambal terlihat pudar jika dibandingkan dengan warna asli. Hal ini memberikan keuntungan karena dimungkinkan akan lebih disukai oleh konsumen dengan tanpa adanya tambahan bahan pengawet, karena saat ini konsumen lebih berhati-hati atau menghindari untuk mengkonsumsi produk dengan

bahan tambahan pengawet yang selama ini marak dalam perdagangan.

KESIMPULAN

Sampai dengan pengujian selama empat puluh delapan minggu atau satu tahun, saus sambal yang disimpan dalam jerigen yang ditambahkan nanopartikel TiO₂ belum terlihat ditumbuhi mikroorganisme dan kenampakan fisik terhadap warna sambal belum memudar walaupun tanpa menggunakan bahan pengawet. Sedangkan saus sambal yang disimpan dalam jerigen tanpa partikel nano TiO₂ pada umur simpan 20 minggu sudah terlihat ditumbuhi mikroorganisme serta kenampakan fisik terhadap warna saus sambal sudah memudar.

DAFTAR ACUAN

- [1]. HARMITA, Amankah Pengawet Makanan Bagi Manusia, *Majalah Ilmu Kefarmasian*, **3** (1) (2006) 53-54
- [2]. A. SINGH, P.K. SHARMA and G. GARG., *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, **1** (4) (2010) 601-612
- [3]. H.A. PAWAR, A. V. SHENOY, P. D. NARAWADE, P. Y. SONI, P. P. SHANBHAG and V. A. RAJAL, *International Journal of Pharmaceutical and Phytopharmacological Research*, **1** (2) (2011) 78-88
- [4]. W.P. RAHAYU, H. NABABAN, S. BUDIJANTO dan D. SYAH, Pengemasan, Penyimpanan dan Pelabelan, Badan Pengawasan Obat dan Makanan, Jakarta, (2003)

- [5]. A. FUJISHIMA, RAO T. N. and TRYK D. A., *Journal of Photochemistry and Photobiology C : Photochemistry Reviews*, **1** (1) (2000) 1-21
- [6]. KIM D. K., DAEN. H., JAE B. L., HEE T. K., *Scripta Materialia*, **54** (2006) 143-146
- [7]. J. WANG, ZHIJIANG J., ZHONGHE S., XIAOYAN W., NAN D. and HAIJIAN L., *Advanced Materials Research*, **96** (2010) 99-104
- [8]. M. CHO, H. CHUNG, W. CHOI, J. YOON, *Water Research*, **38** (4) (2004) 1069-1077
- [9]. K. A. BUCLE, R. A. EDWARDS, G. H. FLEET dan M. WOOFON, *Ilmu Pangan*, UI Press, Jakarta, (1987)
- [10]. R. ERMAWATI, WIWIK P., SITIN., EVANA Y. dan AGUSTINA A., *Jurnal Sains Materi Indonesia*, **14** (2) (2013) 114-119
- [11]. SNI 01-2976-2006, *Saos Cabe*, Badan Standarisasi Nasional
- [12]. SNI 01-0222-1995, *Bahan Tambahan Makanan*, Badan Standarisasi Nasional